

Az őszi rozs ásványtápanyag-felvételének vizsgálata szabadföldi tartamkísérletben

II. Levélanalízis; Na-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu-felvétel

KÁDÁR IMRE, LÁSZTITY BORIVÓJ és SZEMES IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest
és Országos Természet- és Környezetvédelmi Hivatal, Budapest

Közleményünk első részében bemutattuk az őszi rozs szárazanyag-képződésének, valamint a N-, P-, K-, Ca-, Mg-felvételének alakulását a tenyészidő folyamán. Ugyanott kitértünk a kísérleti körülmények részletes taglalására is [6], ezért jelen munkánkban a kísérleti eredmények bemutatására fordítjuk a figyelmet. A fontosabb mikroelemek, mint a Na-, Fe-, Mn-, Zn- és a Cu-felvételét, valamint a tápelemarányok változásait kísérjük figyelemmel az őszi-rozs-növényben. Kísérletet teszünk a növények NPK-ellátottságának megítélésére a különböző fejlődési stádiumokban kapott növényanalízis-adatok alapján, irodalmi forrásokra támaszkodva.

Kísérleti eredmények és megvitatásuk

A növények átlagos Fe-tartalma, a tavaszi bokrosodás végén mért koncentrációhoz viszonyítva, mintegy a felére csökkent aratásra. A bokrosodás eleji őszi koncentráció 3,5-szöröse volt a bokrosodás végén kapott értékeknek. A műtrágyázási kezelések hatása a koncentrációra nem volt egyértelmű. Általában megállapítható, hogy a száraz anyag képződésének intenzív szakaszaiban, különösen a szárbaindulás és a kalászolás idején, valamint a nagyobb hozamú kezeléseknél a hígulás kifejezettebb volt. A felvett Fe mennyisége virágzás idején volt a legnagyobb, átlagosan mintegy 80%-kal haladta meg az aratáskorit. E tápelem több mint 9/10-e a szalmában akkumulálódott (1. táblázat).

Az őszi rozs Na-tartalmát és a felvett Na mennyiségét a kezelések átlagaiban tüntettük fel, mivel a trágyázás a Na-tartalomra egyértelmű befolyást nem gyakorolt. A bokrosodás végén kapott koncentráció az érés idejére mintegy a 40%-ára csökkent a föld feletti növényben. Ősszel a Na-tartalmak kerekén 20%-kal haladták meg a tavaszi értékeket. A felvett Na mennyisége egyenletesen nőtt a virágzásig, majd ezt követően az érés folyamán 40%-ot meghaladó veszteség lépett fel az aratásig. Az összes felvett Na 95%-a a szalmában halmozódott fel (1. táblázat).

A bokrosodás végén mért átlagos Mn-tartalom aratás idejére mintegy 1/3-ára csökkent a föld feletti növényben. Ősszel a koncentráció átlagosan 76%-kal haladta meg a tavaszi értékeket. A száraz anyag gyarapodásával

1. táblázat

Az őszi rozs Fe- és Na-tartalmának, valamint a felvett Fe és Na mennyiségének alakulása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.					júl. 17.	
Fe, ppm								
Kontroll	1025	374	165	228	285	36,0	263	184
PK	1139	348	108	202	250	35,7	247	164
N ₁ K	995	418	162	310	190	37,2	267	180
N ₂ K	1045	414	182	240	190	41,0	263	173
N ₁ PK	1182	166	128	158	165	33,7	143	107
N ₂ PK	1218	191	70	145	220	39,5	159	116
a) SzD ₅ %	133	191	47	66	33	5,6	120	—
b) Átlag	1101	318	124	214	217	37,2	224	154
%	346	100	39	65	66	12	70	48
Fe, g/ha								
Kontroll	221	108	140	375	568	25	357	382
PK	288	133	119	351	531	25	338	363
N ₁ K	231	116	132	661	462	24	347	371
N ₂ K	246	125	164	410	476	24	307	331
N ₁ PK	454	199	386	706	958	42	479	521
N ₂ PK	535	258	326	991	1578	53	446	499
a) SzD ₅ %	116	90	74	133	177	15	206	—
b) Átlag	329	157	211	582	762	32	379	411
%	80	38	51	142	185	8	92	100
Na, ‰								
b) Átlag	0,17	0,14	0,10	0,10	0,09	0,01	0,08	0,06
%	121	100	71	71	64	7	57	43
Na, kg/ha								
b) Átlag	0,6	0,9	1,9	2,8	3,2	0,1	1,7	1,8
%	33	50	105	155	178	5	95	100

a Mn-tartalom egyenletesen hígult a tenyészidő folyamán és különösen alacsonyra vált a nagyobb hozamú NPK-kezelésekben. A felvett Mn mennyisége a kalászosítás — virágzás fázisáig növekedett, majd ezt követően az érés folyamán mintegy 30%-os veszteség lépett fel. Műtrágyázás hatására a felvett Mn mennyisége 2–4-szeresére emelkedett, a kezelések hatása többé-kevésbé a szárazanyag-felhalmozáshoz hasonló képet mutatott. Az aratás idején felvett Mn 2/3-a a szalmában volt kimutatható (2. táblázat).

Az átlagos Zn-tartalom ősszel több mint kétszerese volt a bokrosodás végén mért tavaszi koncentrációnak. A bokrosodás végétől a virágzásig lényeges módosulás nem következett be, azonban ezt követően az érés folyamán a teljes föld feletti növény Zn-tartalma mintegy 30%-kal csökkent. A bokrosodás végétől aratásig viszonylag magasabb koncentrációval rendelkeztek a növények a NK-kezelésekben, míg a NPK- és részben PK-, valamint a kontrollkezelések növényeiben a koncentráció alacsony maradt. A Zn-felvételére tehát a N és a K együttes adagolása serkentően hatott. A felvett Zn mennyisége virágzáskor érte el maximumát, majd az ezt követő érés folyamán átlá-

2. táblázat

Az őszi rozs Mn-tartalmának, valamint a felvett Mn mennyiségének alakulása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.				júl. 17.		
Mn, ppm								
Kontroll	134	77,8	40,0	30,0	27,0	25,4	22,3	23,6
PK	115	59,8	32,5	27,0	22,5	25,0	19,9	21,3
N ₁ K	130	81,2	50,8	41,5	28,2	22,3	25,2	23,3
N ₂ K	133	90,8	54,5	45,0	32,0	22,0	28,1	26,2
N ₁ PK	112	48,0	29,5	21,5	17,5	22,3	13,7	16,0
N ₂ PK	108	57,5	29,5	24,5	17,5	22,0	14,8	17,4
a) SzD ₅ %	7	19,4	9,6	6,7	4,2	1,6	5,5	
b) Átlag	122	69,1	39,5	31,6	24,1	23,2	20,7	21,3
%	176	100	57	46	35	34	30	31
Mn, g/ha								
Kontroll	29,0	22,2	33,6	49,6	54,0	18,0	31,0	49,0
PK	29,1	23,4	36,6	46,6	47,8	18,0	29,0	47,0
N ₁ K	30,3	22,6	40,6	87,4	69,0	14,0	34,0	48,0
N ₂ K	31,3	26,0	49,0	76,8	80,0	13,0	37,0	50,0
N ₁ PK	42,7	57,4	89,8	97,0	99,8	28,0	50,0	78,0
N ₂ PK	47,5	77,4	133,0	164,6	128,2	30,0	45,0	75,0
a) SzD ₅ %	11,3	12,1	15,2	19,5	22,1	9,0	19,0	
b) Átlag	35,0	38,2	63,8	87,0	79,8	20,2	37,7	57,9
%	60	66	110	150	138	35	65	100

gosan mintegy a felére süllyedt. Ez a veszteség különösen a műtrágyázott és nagyobb hozamú kezeléseknél volt kifejezettebb. A szem és a szalma közel fele-fele arányban volt az összes felvett Zn-mennyiség hordozója (3. táblázat).

Az átlagos bokrosodáskori Cu-tartalom ősszel kereken háromszorosa a tavaszinak. Kalászosítás és virágzás idejére a Cu koncentrációja ismét növekedett a növényben mintegy 50–60%-kal, majd az érés folyamán enyhén csökkent. A műtrágyázási kezelések hatása a Cu-tartalomra nem volt egyértelmű, annak ellenére, hogy esetenként az előforduló különbségek statisztikailag is igazolhatók. A felvett Cu mennyisége virágzáskor érte el maximumát, majd átlagosan mintegy 60%-os csökkenés mutatkozott aratás idejére. Az érés alatt fellépő tápelemvesztés különösen a nagyobb hozamú NPK-kezelésekben volt számottevő. A szem és a szalma közel fele-fele arányban vette fel a tápelemet (4. táblázat).

A fajlagos tápelemtartalmakat vizsgálva megállapítható, hogy az őszi rozs 1 t szenternés és a hozzátartozó szalmatermés előállításához a műtrágyázási kezelésektől, illetve a termésszintektől függően 24–37 kg N-, 4–6 kg P-, 14–22 kg K-, 6–9 kg Ca-, 2–3 kg Mg- és Na-, 380–560 g Fe-, 60–80 g Mn-, 40–70 g Zn-, 10–20 g Cu-mennyiségeket vont el a talajból. Műtrágyázással a kísérlet tápanyagszegény talaján a legtöbb elem fajlagos tartalma nőtt és csak a kiegyensúlyozottan táplált NPK-kezelésű parcellákon figyelhető meg a fajlagos N-, K-, Ca- és a mikroelem-tartalom csökkenése. A legtöbb tápelem biológiai hasznosulása tehát a harmonikus tápláltság esetén a kedvezőbb (5. táblázat). Ha a kísérletünkben őszirozs-növényre kapott

3. táblázat

Az őszi rozs Zn-tartalmának, valamint a felvett Zn mennyiségének alakulása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Eggyütt
	nov. 17.	ápr. 17.						
	Zn, ppm							
Kontroll	45,0	19,5	11,5	12,8	19,2	23,6	10,6	14,9
PK	48,9	25,6	11,5	15,2	19,2	27,7	8,0	14,0
N ₁ K	47,1	24,6	22,2	23,5	27,2	23,9	15,2	17,0
N ₂ K	45,0	30,7	25,2	31,8	34,2	27,8	18,9	20,9
N ₁ PK	50,1	15,1	12,8	13,5	18,2	22,7	7,0	11,1
N ₂ PK	47,1	21,5	12,8	13,0	20,0	22,5	7,7	11,8
a) SzD ₅ %	5,0	8,8	4,1	6,0	4,9	2,8	4,1	—
b) Átlag	47,2	22,8	16,0	18,3	23,0	24,7	11,2	14,9
%	207	100	70	80	101	108	49	65
	Zn, g/ha							
Kontroll	9,8	5,4	9,6	21,0	38,2	17,0	14,0	31,0
PK	12,3	10,0	12,8	26,4	40,8	19,0	12,0	31,0
N ₁ K	10,9	6,8	17,8	49,4	66,4	15,0	20,0	35,0
N ₂ K	10,7	8,8	22,8	54,2	85,4	16,0	24,0	40,0
N ₁ PK	19,2	18,0	39,2	61,0	104,0	28,0	26,0	54,0
N ₂ PK	20,4	29,0	57,8	87,2	146,4	30,0	21,0	51,0
a) SzD ₅ %	3,9	4,1	6,9	12,8	22,7	6,0	7,0	—
b) Átlag	13,9	13,0	26,7	49,9	80,2	20,8	19,5	40,3
%	34	32	66	124	199	52	48	100

fajlagos tápelemtartalmakat — azok szórását is figyelembe véve a műtrágyázás és a termésszint függvényében — összevetjük az általunk hasonló tartamkísérletekben vizsgált őszi búza fajlagos tápelemtartalmával [2, 3, 4, 5], akkor arra a következtetésre juthatunk, hogy az őszi rozs ásványi összetétele nem tér el lényegesen az őszi búza ásványi összetételétől. Ezért durvább becsléseknél, üzemi táblaszintű tápanyagmérlegek felállításánál, úgy tűnik, e két őszi kalászos esetén közös átlagértékekkel is dolgozhatunk. Megemlítendő, hogy a vizsgált 10 elem közül egyedül az agrokémiai szempontból nem különösebben jelentős, sokak által nem is tápelemnek tekintett Na mennyiségében volt eltérés. Az őszi búza fajlagos Na-tartalma ugyanis, vizsgálataink szerint, mindössze 1/3-a, 1/4-e volt a rozsénak.

Az őszi rozs tápláltsági állapotának növényanalízissel történő megítélésére az irodalomban meglehetősen kevés adatot találunk. A 6. táblázatban a CERLING [1] által megadott optimumokat figyelembe véve megállapítható, hogy — a talajvizsgálati eredményekkel összhangban — a trágyázás nélküli növények N-, P- és K-ellátottsága nem volt kielégítő és meglehetősen távol állott az optimumtól. Megfelelő műtrágyázással, a NK-, valamint a nagyobb adagú NPK-kezelésekben általában az egész tenyészidő folyamán kielégítő vagy közel kielégítő N-ellátottságot tapasztalhattuk. A kísérletben kapott meglehetősen alacsony termésszintek N-igényét még az évi 50 kg/ha (N₁K-kezelések), illetve az évi 100 kg/ha N-adagok (N₂PK-kezelések) is fedezni tudták.

Ami a P-ellátottságot illeti, megállapítható, hogy a PK-, valamint a NPK-kezelésekben a növények P-tartalma általában a kielégítő ellátottság

4. táblázat

Az őszi rozs Cu-tartalmának, valamint a felvett Cu mennyiségének alakulása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.				júl. 17.		
Cu, ppm								
Kontroll	12,0	4,2	3,0	4,5	6,5	6,7	3,6	4,8
PK	12,1	4,6	4,5	8,0	5,0	6,6	2,6	4,1
N ₁ K	13,0	3,4	2,5	3,5	5,0	7,4	4,0	5,3
N ₂ K	15,1	3,9	4,5	7,0	6,5	7,0	3,8	4,7
N ₁ PK	10,0	3,6	7,0	7,0	6,5	7,1	4,8	5,3
N ₂ PK	13,0	4,3	2,5	7,0	6,5	7,7	3,8	4,9
a) SzD _{5%} ₀	1,1	1,1	0,9	1,9	1,2	0,3	0,7	—
b) Átlag	12,5	4,0	4,0	6,2	6,0	7,1	3,1	4,8
%	312	100	100	155	150	177	78	120
Cu, g/ha								
Kontroll	2,5	1,2	2,6	7,4	12,8	5,0	5,0	10,0
PK	2,9	2,0	5,2	14,0	10,8	5,0	4,0	9,0
N ₁ K	3,1	1,0	2,0	7,4	12,4	5,0	6,0	11,0
N ₂ K	3,5	1,2	4,0	12,0	16,2	4,0	5,0	9,0
N ₁ PK	3,8	4,2	21,4	31,4	37,0	9,0	17,0	26,0
N ₂ PK	5,6	5,8	11,2	47,0	47,8	10,0	11,0	21,0
a) SzD _{5%} ₀	1,2	0,8	1,9	4,4	5,6	3,0	3,0	—
b) Átlag	3,6	2,6	7,7	19,9	22,8	6,3	8,0	14,3
%	25	18	54	139	159	44	56	100

alsó határa körül volt. A növényanalízis adatai szerint tehát a foszforral trágyázott talajok P-ellátottsága (a talajvizsgálati eredményekkel összhangban) jó közepessé — gyengén kielégítővé vált. Az évenkénti 54 kg/ha P₂O₅-trágyázás, közel 20 év után, a talaj eredeti gyenge P-ellátottságát egy ellátottsági kategóriával javította. Ez a P-adag ugyanis több mint kétszeresét tette ki a növény általi felvételnek, így a talaj P-készletének fokozatos növekedését eredményezte.

A K-ellátottság elsősorban az alacsony hozamú NK-kezelésekben volt a legkedvezőbb, itt a növények K-tartalma a kielégítő ellátottság alsó határát több fejlődési fázisban megközelítette vagy elérte. A káliummal trágyázott talajok K-ellátottsága közepessé — gyengén kielégítővé vált. Az évenkénti 80 kg/ha K₂O-trágyázás, a közel 20 év után, a talajok eredeti gyenge K-ellátottságát egy kategóriával javította. Hasonlóan a P esetéhez, a K évi adagja több mint a duplája volt a növény általi felvételnek, így a talaj könnyen oldható K-készletének lassú növekedését eredményezte.

A N/P átlagos aránya a tenyészidő folyamán szűkült, a bokrosodáskori P-hoz viszonyított mintegy tízszeres N-túlsúly a kalászás — virágzás stádiumában 6 körülre csökkent. A szalma N/P aránya tágabb volt, mint a szemtermésé. Műtrágyázás hatására az arányok jelentősen eltolódnak. Így pl. a PK-kezelésekhez viszonyítva a NK-kezelések N/P aránya 2–4-szeresére tágul a növényben, jól jelezve a relatív N-túlsúlyt, illetve P-hiányt. A tápelem-arányok arra utalnak, hogy a N₁K kezelésben adott évenkénti 50 kg/ha N is N-túltrágyázáshoz vezetett a P-hiányos parcellákon. A PK-kezelés szűk N/P

5. táblázat

Az őszi rozs fajlagos tápelemtartalmának alakulása, 1978/79.
(Az 1 t szem + hozzátartozó szalma tápelemtartalma)

(1) Kezelés jele	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
	kg						g			
Kontroll	24,0	5,3	14,0	6,3	2,4	1,8	530	68	43	14
PK	24,4	5,8	17,5	6,3	2,1	2,8	511	66	44	13
N ₁ K	29,1	4,4	18,5	7,7	2,3	2,0	562	73	53	17
N ₂ K	36,7	4,0	20,0	9,2	2,5	2,3	552	83	67	15
N ₁ PK	25,6	6,2	21,8	6,6	2,4	2,3	417	62	43	21
N ₂ PK	29,5	5,4	17,4	6,5	2,6	2,9	375	56	38	16
a) Átlag	28,2	5,2	18,2	7,1	2,4	2,4	491	68	48	16

6. táblázat

Az őszi rozs „kielégítő” NPK-ellátottságának megítélése a különböző fejlődési stádiumokban kapott növényelemzés-adatok alapján [1]

(1) Növényvizsgálati paraméter	(2) „Kielégítő” ellátottság a tenyészidő folyamán			
	(3) Bokrosodás	(4) Szárbaudulás	(5) Kulászolás	(6) Virágzás
A) Tápelemtartalom alapján				
N ‰	4,0–5,0	3,2–3,8	1,1–1,5	1,0–1,1
P ‰	0,5–0,7	0,4–0,3	0,2–0,3	0,2–0,3
K ‰	4,0–5,0	2,5–3,3	1,7–2,3	2,1
B) Számított tápelem- arányok alapján				
N/P	8–10	6–8	5–7	4–5
K/P	8–10	5–7	6–8	8–10
N/K	1	1	0,5–0,8	0,5

aránya az egész tenyészidő folyamán N-hiányról tanúskodik, illetve relatív P-többletet mutat. Az optimális N/P arányokat a legnagyobb hozamú N₂PK-, teljes műtrágyázásban részesült, parcellák mutatták (7. táblázat).

Az átlagos 9 körüli K/P arány lényegesen nem módosult a tenyészidő folyamán, virágzásig. A szalma K/P aránya szintén 9 körüli volt átlagosan, közelállóan a zöld növényi részekéhez, míg a szemben a K túlsúlya csak mintegy 1,5-szerese a P-nak. Műtrágyázás hatására az arányok jelentősen, a N/P arányokhoz hasonló mértékben, eltolódnak. Annak ellenére, hogy a kontroll kivételével a többi kezelésben a K-műtrágyázás egységes volt, a K/P arányaiban 2–3-szoros különbségek fordultak elő a PK- és a NK-kezelések között. A NK-kezelésekben ez az arány mintegy 1,5–2-szeresen haladta meg az optimálisat a tenyészidő folyamán, tehát K-túltrágyázáshoz vezetett, ugyanakkor a PK-kezelésben az optimum alatt maradt, és relatív K-hiányt regisztrálhattunk. Az optimálisához közeli K/P arányokat a kontroll, valamint a legnagyobb hozamú NPK-kezelések növényei mutatták. A kontroll talajon termelt növények optimálisához közeli K/P aránya azonban, mint azt korábban láthattuk, alacsony K- és P-tartalmakat takart (6., 7. táblázat).

7. táblázat

Az őszi rozs tápelemarányainak változása a tenyésztő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalászoslás máj. 23.	(5) Virágzás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma
	nov. 17.	ápr. 17.				júl. 17.	
N/P							
Kontroll	10,1	9,8	5,7	4,2	3,8	4,0	6,4
PK	6,9	5,6	4,2	3,1	2,9	4,4	3,6
N ₁ K	12,9	21,0	13,8	9,4	8,1	5,1	12,0
N ₂ K	15,7	23,6	15,1	12,6	12,7	6,7	15,2
N ₁ PK	7,9	7,7	4,9	3,5	3,9	4,2	4,3
N ₂ PK	8,9	10,1	7,1	5,7	5,9	4,9	6,7
b) Átlag	10,4	12,9	8,4	6,4	6,2	4,9	8,0
K/P							
Kontroll	7,7	8,6	7,0	7,3	7,4	1,4	6,3
PK	6,8	6,5	3,9	6,2	6,2	1,4	5,4
N ₁ K	12,3	17,5	13,9	12,6	12,1	1,5	13,2
N ₂ K	14,5	17,8	14,7	15,9	17,3	1,6	15,0
N ₁ PK	7,3	7,3	7,0	7,1	8,3	1,4	8,1
N ₂ PK	7,0	7,2	8,0	8,6	8,9	1,4	7,4
b) Átlag	9,3	10,8	9,1	9,6	10,0	1,4	9,2
N/K							
Kontroll	1,3	1,2	0,8	0,6	0,5	2,9	1,0
PK	1,0	0,9	0,7	0,5	0,5	3,2	0,7
N ₁ K	1,0	1,2	1,0	0,8	0,7	3,4	0,9
N ₂ K	1,1	1,3	1,0	0,9	0,7	4,3	1,0
N ₁ PK	1,1	1,0	0,7	0,5	0,5	3,0	0,5
N ₂ PK	1,3	1,4	0,9	0,7	0,7	3,4	0,9
b) Átlag	1,1	1,2	0,9	0,7	0,6	3,4	0,8

A N/K aránya bokrosodástól virágzásig szűkült a növényben, különösen a N-nel nem kielégítően trágyázott kezelésekben, ahol a virágzáskori N-túlsúly mintegy fele volt a bokrosodáskorinak. Az éréskor a N/K arány ismét tágult, a szalmában átlagosan mintegy 30 %-kal, míg a szemben az intenzív N-felhalmozódás eredményeképpen többszörösére növekedett. A műtrágyázás hatása a N/K arányokra kevésbé kifejezett. Általában megfigyelhető, hogy a legalacsonyabb N/K arányok a N-nel gyengébben ellátott, PK-, valamint a N₁PK-kezelésekben fordulnak elő a tenyésztő folyamán. E két elem egymáshoz viszonyított aránya azonban nem mutat olyan nagy különbségeket az egyes kezelések hatására, mint azt a korábban tárgyalt N/P és K/P arányoknál megfigyelhettük, és viszonylag közel állnak az optimálishoz (7. táblázat).

Összefoglalás és következtetések

Közleményünk második felében az őszi rozs Na-, Fe-, Mn-, Zn- és Cu-felvételét, valamint a fajlagos tápelemtartalmának alakulását mutattuk be. Kísérletet tettünk a növények NPK-ellátottságának megítélésére a különböző fenofázisokban kapott növényanalízis-adatok alapján is, irodalmi adatokra támaszkodva. Főbb megállapításainkat az alábbiakban foglaljuk össze:

Az aratáskori föld feletti növény átlagos tápelemtartalma, a bokrosodás végén tavasszal mért értékekhez viszonyítva, elemenként eltérő volt. Jelentős hígulás a tenyészidő folyamán a Na, Fe és Mn koncentrációjában lépett fel. Az őszi, bokrosodás elején mért tápelemtartalom általában magasabb volt a tavaszi, bokrosodás végén kapott értékeknél (1–4. táblázat).

A NPK-műtrágyázás hatására, a nagyobb hozamú kezelésekben, alacsonyabb Fe-, Mn- és Zn-tartalmakat mutattunk ki. A Cu-tartalomban ez a jelenség nem nyilvánult meg. A felvett tápelemek maximumát a föld feletti növényben, virágzás–kalászás idején találtuk, majd az érés folyamán tápelemvesztések léptek fel. A legnagyobb hozamú NPK-kezelésekben a felvett mikroelemek mennyisége általában 2–3-szorosa volt a kontrollnak a Fe és a Mn, valamint 3–5-szöröse a Zn és a Cu esetében (1–4. táblázat).

A felvett tápelemek megoszlását tekintve megállapítható, hogy az összes szárazanyag-hozam 30%-át kitevő szemtermésben a Na 7, a Fe 8, a Mn 35, a Cu 44 és a Zn 52%-a halmozódott fel. Amennyiben tehát kombájnaratásnál a szalma a táblán marad, jelentős növényi Ca-, Na-, Fe-, K- és Mn-vesztésekkel nem kell számolnunk. Ugyanakkor árugabona-termesztésnél a szemterméssel elsősorban a N, P, Zn, Mg és részben a Cu távozik el a talajból.

Vizsgálataink szerint az őszi rozs fajlagos tápelemtartalma (1 t szemtermés és a hozzátartozó szalmatermés) nem tér el lényegesen az általunk vizsgált őszi búza tápelemtartalmától, így durvább becsléseknél és üzemi táblaszintű tápanyagnérlegek felállításánál e két őszi kalászos növényre átlagszámokkal dolgozhatunk (5. táblázat).

A műtrágyahatások a növényvizsgálati eredményekkel jó összefüggést mutattak. Az irodalomban található optimális tápelemtartalmak és az abból számított arányok alkalmasak lehetnek a növény tápláltsági állapotának megítélésére, így felhasználhatók szaktanácsadási célokra, műtrágyaigény becslésére. A főbb tápelemarányok, különösen a N/P és a K/P arány igen érzékenyen tükrözte az egyoldalú, illetve a teljes műtrágyázás hatását az egész tenyészidő folyamán (6–7. táblázat).

Irodalom

- [1] CERLING, V. V.: Agrohímieseszközök osznoyü diagnosztikai mineral'nogo pitanija szel'szkohozajsztvennüh kultur. Izd. Nauka. Moszkva. 1978.
- [2] ELEK, É. & KÁDÁR, I.: Műtrágyázás hatása az őszi búza tápanyaggazdálkodására. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 169–176. NÉVÉKI. Veszprém. 1978.
- [3] KÁDÁR, I. & LÁSZTITY, B.: Az őszi búza tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. Agrokémia és Talajtan. **28.** 451–472. 1979.
- [4] LÁSZTITY, B. & KÁDÁR, I.: Az őszi búza szárazanyag-felhalmozódásának, valamint tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. Agrokémia és Talajtan. **27.** 429–444. 1978.
- [5] LÁSZTITY, B., KÁDÁR, I. & ELEK, É.: Műtrágyázás hatása az őszi búza tápelemfelvételére barna erdőtalajon. Agrokémia és Talajtan. **30.** 25–36. 1981.
- [6] SZEMES, I., KÁDÁR, I. & LÁSZTITY, B.: Az őszi rozs tápanyagfelvételének vizsgálata szabadföldi tartamkísérletben. I. Szárazanyag-felhalmozódás, N-, P-, K-, Ca-, Mg-tartalom és -felvétel. Agrokémia és Talajtan. **31.** 5–16. 1982.

Érkezett: 1981. szeptember 17.

Investigations on the Nutrient Uptake of Winter Rye in a Long-term Field Experiment

II. Leaf Analysis; Micronutrient (Na, Fe, Mn, Zn and Cu) Uptake

I. KÁDÁR, B. LÁSZTITY and I. SZEMES

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences
and National Authority for Environment Protection and Nature Conservation, Budapest

Summary

In the second part of the paper the micronutrient (Na, Fe, Mn, Zn and Cu) uptake of winter rye, as well as the changes in the plant's specific nutrient content were discussed. We endeavored to estimate the NPK supply of the plants on the basis of comparing plant analytical data obtained in the different stages of growth to those given in the literature. Our findings may be summarized as follows:

The mean nutrient contents of the above-ground portions of the plant at harvest differed from the corresponding values obtained at the end of tillering in spring. A considerable dilution of the Na, Fe and Mn concentrations occurred during the vegetative period. The nutrient contents measured at the beginning of tillering in autumn were higher, in general, than at the end of tillering in spring (Tables 1–4).

The Fe, Mn and Zn contents of plants were lower, in general, in NPK treatments resulting in higher yield. This was not observed in the case of Cu. The maximum nutrient values in the above-ground portions of the plants were measured at flowering and earing; during ripening the nutrient contents decreased. As compared to the control, the Fe and Mn contents of the plants were, in general, twice-thrice higher, the Zn and Cu contents thrice-five times higher in the NPK treatments bringing about the highest yield (Tables 1–4).

As regards the distribution of nutrients, the grain — representing 30% of dry matter yield — contained 7% of N, 8% of Fe, 35% of Mn, 44% of Cu and 52% of Zn. Thus, if the crop is harvested by combine-harvester, and the straw is left behind on the field, the soil's Ca, Na, Fe, K and Mn losses are not significant. On the other hand, considerable amounts of N, P, Zn, Mg and Cu are removed from the soil with the grain yield.

According to the obtained analytical data, the specific nutrient content of winter rye (i.e. the total nutrient content of 1 t of grain + that of the by-products) does not differ substantially from that of winter wheat. Thus, in the case of these two winter cereals, mean values may be used in making rough estimates, and in calculating nutrient balance on a large-scale for farms (Table 5).

There was a close correlation between the fertilizer effects and the plant analytical data. The optimum nutrient concentrations given in the literature, and the nutrient ratios calculated on their basis may be used to appraise plant nutrition for the purposes of fertilizing advisory service, to estimate the fertilizer requirements on a large scale. The ratios of the most important nutrients — especially the N/P and K/P ratios — clearly reflected the effects of unbalanced or complete fertilization throughout the growing season.

Table 1. Changes in the Fe and Na contents of winter rye, as well as in the amounts of Fe and Na taken up during the vegetative period, 1978–1979. (1) Treatment. (a) Significant difference, 5%; b) Mean. (2) Tillering. (3) Shooting. (4) Earing. (5) Flowering. (6) Grain. (7) Straw. (8) Total.

Table 2. Changes in the Mn content of winter rye and in the amount of Mn taken up during the vegetative period, 1978–1979. For (1)–(8): see Table 1.

Table 3. Changes in the Zn content of winter rye and in the amount of Zn taken up during the vegetative period, 1978–1979. For (1)–(8): see Table 1.

Table 4. Changes in the Cu content of winter rye and in the amount of Cu taken up during the vegetative period, 1978–1979. For (1)–(8): see Table 1.

Table 5. Changes in the specific nutrient content of winter rye (i.e. the total nutrient content of 1 ton of grain + that of the by-products), 1978–1979. (1) Treatment. a) Mean.

Table 6. „Satisfactory” NPK nutrient content of winter rye estimated on the basis of plant analytical data obtained in the different stages of growth [1]. (1) Plant analytical parameter. A) On the basis of nutrient content; B) On the basis of calculated nutrient ratios. (2) „Satisfactory” nutrient content in the different stages of growth. (3) Tillering. (4) Shooting. (5) Earing. (6) Flowering.

Table 7. Changes in the nutrient ratios of winter rye during the vegetative period, 1978–1979. For (1)–(7): see Table 1.

Untersuchung der Aufnahme von mineralischen Nährstoffen durch Winterroggen in einem Dauerfeldversuch

II. Blattanalyse; Aufnahme und Gehalt von Na, Fe, Mn, Zn und Cu

I. KÁDÁR, B. LÁSZTITY und I. SZEMES

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest,
und Landesamt für Natur- und Umweltschutz, Budapest

Zusammenfassung

Im zweiten Teil unserer Mitteilung wird über die Aufnahme von Na, Fe, Mn, Zn und Cu durch Winterroggen, sowie über die Gestaltung des spezifischen Nährstoffgehaltes beim Winterroggen berichtet. An Hand literarischer Angaben wurde auch versucht eine Beurteilung der NPK-Versorgung der Pflanzen aufgrund der in den verschiedenen Phasen erhaltenen Pflanzenanalysendaten zu geben. Die wichtigsten Feststellungen fassen wir in folgendem zusammen:

Die Mittelwerte der Nährelementengehalte der oberirdischen Pflanzenteile zur Erntezeit waren im Verhältnis zu den am Ende der Bestockung bestimmten Werte unterschiedlich. So hat Mn rund 30%, Na 40%, Fe 50%, Zn 70% und Cu 123% des am Ende der Bestockung bestimmten Gehaltes ausgemacht. Eine bedeutende Verdünnung ist im Laufe der Vegetationsperiode in der Konzentration von Na, Fe und Mn aufgetreten. Die zu Beginn der Bestockung im Herbst bestimmten Nährelementengehalte waren im Mittel höher als diejenigen im Frühjahr, am Ende der Bestockung ermittelten. Die Na-Konzentration im Herbst hat rund und durchschnittlich diejenige des Frühjahres um 20%, bei Mn um 80%, bei Zn um 120%, bei Cu um 210% und bei Fe um 230% übertroffen (Tab. 1.—Tab. 4.).

Infolge von NPK-Düngung fanden wir in Varianten höheren Betrags niedrige Fe-, Mn- und Zn-Gehalte. Bei dem Cu-Gehalt trat diese Erscheinung nicht auf. Die Höchstwerte der aufgenommenen Nährelemente in den oberirdischen Pflanzenteilen fanden wir zur Zeit der Blüte, bzw. des Ährenschiebens, während im Laufe des Reifens Nährstoffverluste auftraten. So hat z. B. der gesamte Mn- und Cu-Gehalt der Pflanze zur Blütezeit rund und durchschnittlich die Mengen bei der Ernte um 50%, Na und Fe um 80%, Zn um 110% übertroffen. In den NPK-Varianten höchsten Ertrages betrug die Menge der aufgenommenen Mikronährstoffe im Durchschnitt der Probenahmen das 2—3-fache der ungedüngten Variante im Falle von Fe und Mn, und das 3—5-fache im Falle von Zn und Cu. (Tab. 1.—Tab. 4.)

Betreffs Verteilung der aufgenommenen Nährstoffe konnte festgestellt werden, dass sich in dem, 30% der gesamten Trockensubstanz betragenden Kornertrag 5% des Na-Gehaltes, 8% des Fe-Gehaltes, 34% des Mn-Gehaltes, 47% des Cu-Gehaltes und 52% des Zn-Gehaltes angehäuften haben. Falls die Ernte mit einem Mähdrescher durchgeführt wird und das Stroh auf dem Feld zurückbleibt, muss mit keinem grossen Verlust an Ca, Na, Fe, K und Mn gerechnet werden. Vom Standpunkt der Nährstoffbilanz aus müssen in erster Linie die Verluste an N, P, Zn, Mn und teilweise an Cu in Betracht genommen werden. Die Untersuchungen zeigten, dass der spezifische Nährstoffgehalt (= Nährstoffgehalt von 1 t Korn und dem dazugehörenden Stroh) des Winterroggens von demjenigen des schon früher untersuchten Winterweizens im Wesentlichen nicht abweicht, man kann daher bei größeren Schätzungen und bei Aufstellung von Nährstoffbilanzen für Felder in Grossbetrieben im Falle beider Halmfrüchte mit Durchschnittszahlen arbeiten. (Tab. 5.)

Die Wirkung der Mineraldünger und die Bodenuntersuchungsangaben standen mit den Pflanzenanalysendaten in einem engen Zusammenhang. Die aus der Literatur bekannten optimalen Pflanzenanalysenwerte, sowie die Nährstoffgehalte der Pflanzen und die daraus berechneten Verhältniszahlen mögen zur Beurteilung des Versorgungszustandes der Pflanzen geeignet sein, deshalb können sie zur Düngerberatung, bzw. zur Schätzung des Mineraldüngerbedarfes herangezogen werden. Die wichtigsten Nährstoffverhältnisse, besonders diejenigen von N/P und K/P widerspiegeln die Wirkung der einseitigen, bzw. der vollen Mineraldüngung während der ganzen Vegetationsperiode empfindlich. (Tab. 6. und Tab. 7.)

Tab. 1. Gestaltung des Fe- (in ppm) und Na-Gehaltes (in %) von Winterroggen, sowie der durch den Winterroggen aufgenommenen Mengen an Fe und Na im Laufe der Vegetationsperiode 1978—79. (1) Variante; a) GD₅₀; b) Mittelwert. (2) Zur Zeit der Be-

stockung. (3) Zur Zeit des Schossens. (4) Zur Zeit des Ährenschiebens. (5) Zur Zeit der Blüte. (6) Korn. (7) Stroh. (8) Insgesamt.

Tab. 2. Gestaltung des Mn-Gehaltes (in ppm) von Winterroggen, sowie der durch den Winterroggen aufgenommenen Menge an Mn im Laufe der Vegetationsperiode 1978—79. Bezeichnungen: s. Tab. 1.

Tab. 3. Gestaltung des Zn-Gehaltes (in ppm) von Winterroggen, sowie der durch den Winterroggen aufgenommenen Menge an Zn im Laufe der Vegetationsperiode 1978—79. Bezeichnungen: s. Tab. 1.

Tab. 4. Gestaltung des Cu-Gehaltes (in ppm) von Winterroggen, sowie der durch den Winterroggen aufgenommenen Menge an Cu im Laufe der Vegetationsperiode 1978—79. Bezeichnungen: s. Tab. 1.

Tab. 5. Gestaltung des spezifischen Nährelementengehaltes von Winterroggen im Laufe der Vegetationsperiode 1978—79. (Nährelementengehalt von 1 t Korn + dazugehörendem Stroh.) (1) Variante; a) Mittelwert.

Tab. 6. Beurteilung des «entsprechenden» NPK-Versorgungsgrades aufgrund der in den einzelnen Entwicklungsstadien erhaltenen pflanzenanalytischen Angaben [1]. (1) Eigenschaft: A) aufgrund des Nährelementengehaltes; B) aufgrund der berechneten Nährelementenverhältnisse. (2) «Entsprechender» Versorgungsgrad im Laufe der Vegetationsperiode. (3) Zur Zeit der Bestockung. (4) Zur Zeit des Schossens. (5) Zur Zeit des Ährenschiebens. (6) Zur Zeit der Blüte.

Tab. 7. Änderungen der Nährelementenverhältnisse beim Winterroggen im Laufe der Vegetationsperiode 1978—79. Bezeichnungen: s. Tab. 1.

Изучение в многолетних опытах усвоения минеральных питательных веществ озимой рожью

II. Растительный анализ; содержание и усвоение Na, Fe, Mn, Zn, Cu

И. КАДАР, Б. ЛАСТИТЬ и И. СЕМЕШ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук и Государственный Комитет по охране природы и защите окружающей среды, Будапешт

Резюме

Во второй части нашей работы показали усвоение озимой рожью Na, Fe, Mn, Zn, Cu и формирование удельного содержания питательных элементов. Попытались определить обеспеченность растений азотом, фосфором и калием, исходя из данных растительного анализа, проведенного в различные фазы, и литературных данных. По результатам можно сделать следующие основные выводы:

Среднее содержание питательных веществ во время уборки, по сравнению с величинами полученными весной, в конце стадии кушения, различалось по отдельным элементам. Таким образом, в ходе вегетационного периода происходило значительное разбавление концентрации Na, Fe и Mn. Содержание питательных элементов осенью, в начале стадии кушения обычно было выше, чем весной, в конце стадии кушения. (Таблицы 1—4).

Под влиянием NPK- минеральных удобрений, на вариантах с более высокими урожаями получили более низкое содержание питательных элементов Fe, Mn, Zn. На содержании меди это не отразилось. Максимум усвоенных питательных элементов в надземной части растений обнаружили в стадии цветения-колошения, затем в стадии созревания наступило снижение содержания этих элементов. На вариантах, где были получены самые высокие урожаи, количество усвоенных микроэлементов Fe и Mn обычно в 2—3 раза, Zn и Cu в 3—5 раз превышало значения, полученные на контроле (Таблицы 1—4).

В отношении распределения усвоенных элементов можно установить, что в зерне, составляющем 30% от общего урожая сухого вещества, накопилось 5% Na, 8% Fe, 34% Mn, 47% Cu и 52% Zn. Поэтому при уборке комбайном, оставшаяся на поле солома не означает больших потерь Cu, Na, Fe, K и Mn. При внесении минеральных удобрений необходимо, с точки зрения баланса питательных веществ, учитывать вынос зерном товарной ржи таких элементов, как N, P, Zn и Mg и частично Cu. Полученные результаты показывают, что удельное содержание питательных элементов в озимой ржи, в 1 тонне зерна и относящейся к ней соломе, значительно не отличается от содержания этих элементов в озимой пшенице, поэтому при грубой оценке и составлении баланса питательных веществ на уровне

производственных полей для этих двух озимых колосовых можно работать с усредненными показателями (Таблица 5).

Эффективность минеральных удобрений и данные почвенных исследований показывают тесную связь с результатами растительного анализа. Растительно-аналитические оптимумы, приведенные в литературе, содержание питательных веществ и рассчитанные по этому соотношения пригодны для оценки обеспеченности растений элементами питания, а значит могут быть использованы и в рекомендациях по внесению минеральных удобрений, в оценке потребности в этих удобрениях. Соотношение основных питательных элементов, особенно азота/фосфора и калия/фосфора за весь период вегетации хорошо отражает влияние одностороннего или комплексного внесения минеральных удобрений.

Табл. 1. Формирование в течение вегетационного периода содержания в озимой ржи Fe и Na, а также количества усвоенных Fe и Na, 1978—79. (1) Обозначение варианта. а) СНР,%. б) Среднее. (2) В период кущения. (3) В период выхода в трубку. (4) В период колошения. (5) В период цветения. (6) Зерно. (7) Солома. (8) Всего.

Табл. 2. Формирование в течение вегетационного периода содержания в озимой ржи марганца и усвоение этого элемента, 1978—79. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 3. Формирование в течение вегетационного периода содержания в озимой ржи цинка и усвоения этого элемента, 1978—79. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 4. Формирование в течение вегетационного периода содержание в озимой ржи меди и количества усвоенной растениями меди, 1978—1979. Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 5. Формирование удельного содержания питательных элементов в озимой ржи, 1978—79. (Содержание питательных элементов в одной тонне зерна и относящейся к ней соломе). (1) Обозначение варианта. а) Среднее.

Табл. 6. Оценка «удовлетворительной» обеспеченности озимой ржи питательными элементами NPK по данными растительного анализа, проведенного в различные стадии развития растений (1). (1) Свойство: А) На основе содержания питательных веществ. В) На основе рассчитанных соотношений питательных элементов. (2) «Удовлетворительная» обеспеченность в течение вегетационного периода. (3) В стадии кущения. (4) В стадии выхода в трубку. (5) В стадии колошения. (6) В стадии цветения.

Табл. 7. Изменение соотношения питательных элементов в озимой ржи в течение вегетационного периода, 1978—79. Обозначения смотри в таблице 1.